

JAPANESE PATENT OFFICE (JP)

JAPANESE PATENT (A)

PUBLICATION NUMBER H8--257722

Publication date: October 8, 1996

Int. Cl.<sup>5</sup>:

B22D 17/00

17/20

17/30

B22D 27/20

C04B 35/599

Identification code: -

Internal filing numbers:

FI	Technical display centre
B22D 17/00	Z
	A
17/20	J
	F
17/30	Z
B22D 27/20	Z
C04B 35/599	302Y

Examination claim: not claimed

Number of claims: 11

Total number of pages in original Japanese: 9

Filing number: H7--82428

Filing date: March 23, 1995

Patent Assignee: 000005083  
Hitachi Kinzoku Kabushiki Kaisha  
[Hitachi Metals Corporation]  
1-2 Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo-to

Inventor: Ryoichi Shibata  
c/o Raw Materials Research Centre  
Hitachi Kinzoku Kabushiki Kaisha  
11 Oninugaoka, Maoka-shi, Tochigi-ken

Exhibit no. E8  
of the letter / report / expert  
opinion / plaint / defense

dated 2.5.2002

HOFFMANN · EITLE  
Patent- und Rechtsanwälte  
81925 München, Arabellastr. 4

Inventor: Norishige Hayata  
 c/o Raw Materials Research Centre  
 Hitachi Kinzoku Kabushiki Kaisha  
 11 Oninugaoka, Maoka-shi, Tochigi-ken

Inventor: Yoshio Kaneuchi  
 c/o Raw Materials Research Centre  
 Hitachi Kinzoku Kabushiki Kaisha  
 11 Oninugaoka, Maoka-shi, Tochigi-ken

Representative: Patent Attorney Muneaki Sekiguchi

Title of the Invention  
 Die-casting method

Summary

Purpose

The invention proposes a die-casting method that enables casting to proceed under favourable hot metal flow conditions with little air entrainment and without oxides and solidification fragments filling the mould cavity to obtain castings with improved mechanical properties that can be used for high-strength components.

Constitution

The proposed die-casting method allows the manufacture of suspension members, such as automotive steering knuckles, high-strength components, such as aluminium wheels, etc with improved mechanical properties through enabling casting to proceed in such a way that, through the prior grains of molten metal in the casting sleeve being substantially granulated, pressure-filled inside the mould cavity in a semi-molten state, and solidified, hot metal laminar flow conditions are obtained with little air entrainment and without oxides and solidification fragments filling the mould cavity.

Claims

Claim 1 Die-casting method, characterized in that the prior grains of molten metal in the casting sleeve are substantially granulated, pressure-filled inside the mould cavity in a semi-molten state, and solidified.

Claim 2 Die-casting method, characterized in that it consists of the processes of (a) a process involving the metal being melted and this molten metal being raised to a temperature near the liquidus, (b) a process involving said molten metal being transferred to the casting sleeve and the temperature of the molten metal in said casting sleeve being reduced from a temperature near the liquidus at the prescribed cooling rate to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point and involving the prior grains of molten metal being substantially granulated to obtain a semi-molten state, (c) a process involving the metal with granulated prior grains in a semi-molten state inside said casting sleeve being pressure-filled inside the mould cavity, (d) a process involving the metal in a semi-molten state pressure-filled inside said mould cavity being solidified.

Claim 3 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in claim 1 or 2, the metal with granulated prior grains in a semi-molten state inside said casting sleeve is globularized in the process of being filled inside the mould cavity.

Claim 4 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 3, the solid phase fraction of the metal with granulated prior grains in a semi-molten state inside said casting sleeve is controlled to 30~60%.

Claim 5 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 4, at least part of the inner tube of said casting sleeve is made of a low heat conduction material.

Claim 6 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in claim 5, said low heat conduction material is cylon.

Claim 7 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 6, the metal in a semi-molten state inside said casting sleeve is pressure-filled inside the mould cavity under laminar flow conditions, with high pressure then being applied.

Claim 8 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 7, a reduced pressure atmosphere and/or inert gas atmosphere are provided inside said mould cavity at least during filling of the metal in a semi-molten state.

Claim 9 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 8, an inert gas atmosphere is provided inside said mould cavity.

Claim 10 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 9, after the hot metal is said casting sleeve is heated and warmed with electromagnetic stirring, it is pressure-filled inside said mould cavity.

Claim 11 Die-casting method, characterized in that, in a die-casting method as claimed in any one of claims 1 to 9, multiple conductors are individually arranged in at least part of the outer tube of said casting sleeve, a magnetic field is formed by an induction coil on the outside of said conductors, the temperature of the molten metal in said casting sleeve is reduced from a temperature near the liquidus to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point, and, after heating or warming with stirring, the molten metal is pressure-filled inside said mould cavity.

#### Detailed Explanation of the Invention

##### [0001]

##### Industrial Application Field

This invention relates to a die-casting method that allows the manufacture of high-quality castings with superior mechanical properties.

##### [0002]

##### Prior Art

Available die-casting methods include the die-casting method for manufacture of castings where molten metal in the casting sleeve is pressure-filled inside a high-precision mould cavity. This die-casting method confers the advantages that castings with high dimensional accuracy are obtained, manufactured castings have a fine and elegant casting skin, and casting can proceed under high-volume manufacturing conditions in a process that can be fully automated. This die-casting method has therefore so previously been extensively used for manufacture of low melting point metal castings with a melting point lower than that of aluminium alloy. However, this die-casting method faces problems involving castings sustaining loss of mechanical strength after solidification as a result of the following factors:

(1) Through the hot metal poured inside the casting sleeve being rapidly cooled on the casting sleeve inner wall, solidification fragments are produced, with casting pro-

ceeding under conditions of these solidification fragments being entrained inside the hot metal.

(2) Air present in the casting sleeve is entrained inside the hot metal and readily leads to the formation of blisters (the phenomenon where gas pressurized during entrainment expands under thermal loading to form blister-like swellings).

These factors make it difficult for affected hot metal to be used for strength components requiring a high level of mechanical strength.

[0003]

Special die-casting methods developed to provide preventive measures for solution of the foregoing problems are available. These special die-casting methods include (1) the hot sleeve method involving the casting sleeve being heated to prevent solidification fragments being formed on the casting sleeve inner wall and (2) the longitudinal casting type die-casting method developed to reduce entrainment inside the hot metal of air contained in the casting sleeve. The hot-chamber die-casting method is also available, but this hot-chamber die-casting method faces the application problem of being limited to zinc alloys or magnesium alloys with a relatively low melting temperature and therefore does not rank as a general-purpose method. These special die-casting methods currently available in the prior art, however, face the problems that, with an increasing filling speed, the hot metal flow conditions inside the casting sleeve becoming increasingly turbulent, gas is entrained, the hot metal in that state is rapidly cooled on the mould cavity inner wall to produce casting defects, and the mechanical and other properties of castings are impaired. To prevent these difficulties, it is necessary to reduce the filling speed to a substantial extent, but such reduction in the filling speed in turn raises the problem of the hot metal sustaining adverse flow conditions. Fig. 9 shows a micrograph of the non-solidified part extracted during dendrite development. This micrograph suggests that segregations are formed in the wall thickness zone and that castings of this type have unsatisfactory mechanical and other properties.

[0004]

As distinct from the foregoing types of special die-casting methods, Japanese Patent Application H3—47951 proposes a die-casting method wherein a caster is formed through mould combination with a mould cavity having a hot metal opening in the lower part, a cylinder outlet being provided in this hot metal opening, a die being connected to form a constriction in such a way as to limit hot metal inflow inside the cavity, and an opening for supply of hot metal from outside being provided in the central zone in the central axial direction of the cylinder incorporating this die, and wherein further hot metal is poured in from the supply opening of the cylinder, and, after the hot metal has been held until it acquires a liquid phase/solid phase coexistence (mushy) state, pressure is exerted by a punch so that hot metal is passed through the die and pressed inside the mould cavity. The die-casting method proposed in Japanese Patent Application H3—47951 confers a number of advantages: (1) the hot metal supplied to the cylinder may have a temperature just above the melting point and therefore assists in energy-saving through being able to have a lower temperature than by general casting methods, (2) because of the low hot metal temperature, there is little gas absorption, no need for degassing treatment, and few blowholes are produced in products, (3) the hot metal is uniformly pressed upwards by the punch in a liquid phase/solid phase coexistence state, ie in a mushy state free from any concrete shape, and then subjected to plastic working in a semi-molten state through the die forming a constriction, causing the liquid phase and solid phase to be thoroughly mixed, and the solid phase to be broken down to produce castings with a fine-grained

structure in such a way as to obtain products with superior mechanical properties, (4) since plastic working of the hot metal takes place in a semi-molten state free from any concrete shape, less flow resistance is produced than by available forging methods, and equipment costs are reduced.

[0005]

Problems to be Solved by the Invention

In the die-casting method proposed in aforesaid Japanese Patent Application H3—47951, however, the structure of the semi-molten metal inside the casting sleeve is not granulated, so that, because of the large difference in solute concentration, there is a strong possibility of segregations occurring, as indicated by the analogous light and dark areas in Fig. 10. Even when the mould cavity is filled, refinement of the structure is incomplete, and ample scope is accordingly available for improvement of mechanical properties. With an increasing filling speed, the hot metal flow conditions inside the casting sleeve becoming increasingly turbulent, gas is entrained, the hot metal in that state is rapidly cooled on the mould cavity inner wall to produce blisters, and the mechanical and other properties of castings are impaired. To prevent these difficulties, it is necessary to reduce the filling speed to a substantial extent, but such reduction in the filling speed in turn raises the problem of the hot metal sustaining adverse flow conditions. The purpose of this invention is to propose a die-casting method that enables casting to proceed under favourable hot metal flow conditions with little air entrainment and without oxides and solidification fragments filling the mould cavity to obtain castings with improved mechanical properties that can be used for high-strength components.

[0006]

Means of Solving the Problems

To solve the foregoing problems, the die-casting method according to this invention is characterized in that the prior grains of molten metal in the casting sleeve are substantially granulated, pressure-filled inside the mould cavity in a semi-molten state, and solidified. In this invention as described above, the prior grains of molten metal in the casting sleeve are substantially granulated, pressure-filled inside the mould cavity in a semi-molten state, and solidified, so that the hot metal is filled inside the mould cavity under laminar flow conditions, and gas entrainment in the molten metal is prevented in such a way as to obtain castings with superior mechanical properties without formation of blisters.

[0007]

The technique used to ensure that the prior grains of molten metal in this invention as described above are substantially granulated is eg that of the temperature of the molten metal in the casting sleeve being reduced from a temperature near the liquidus at the prescribed cooling rate to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point.

[0008]

The die-casting method according to this invention is also characterized in that it consists of the processes of (a) a process involving the metal being melted and this molten metal being raised to a temperature near the liquidus, (b) a process involving said molten metal being transferred to the casting sleeve and the temperature of the molten metal in said casting sleeve being reduced from a temperature near the liquidus at the prescribed cooling rate to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point and involving the prior grains of molten metal being substantially granulated to obtain a semi-molten state, (c) a process involving the metal with granulated prior grains in a semi-molten state inside said cast-

ing sleeve being pressure-filled inside the mould cavity, (d) a process involving the metal in a semi-molten state pressure-filled inside said mould cavity being solidified. In this invention as described above, the metal is melted and transferred to the casting sleeve at a temperature near the liquidus, so that the casting sleeve sustains little damage through being heated at high temperature. In the process of the temperature of the molten metal in said casting sleeve being reduced from a temperature near the liquidus at the prescribed cooling rate to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point, mechanical stirring, electromagnetic stirring, or other form of stirring is used to ensure that the prior grains of molten metal are substantially granulated and in a semi-molten state without any shear being imparted to the molten metal in a solid-liquid coexistence (mushy) state, and said metal in a semi-molten state is pressure-filled inside the mould cavity and solidified in such a way as to obtain castings with superior mechanical properties without formation of blisters.

[0009]

The temperature near the liquidus noted above, eg for A357 alloy, is within the range from near 10°C below the liquidus up to around 40°C beyond the liquidus. At any higher temperature, dendrite growth occurs, whereas, at any lower temperature, dendrite forms before hot metal casting starts.

[0010]

To cool the molten metal to a semi-molten state inside the sleeve and to obtain granular prior grains, the hot metal inside the casting sleeve is cooled at the prescribed cooling rate. This cooling rate favourably ranges between a rate exceeding 1.7°C/s and a rate under around 10°C/s. The formed prior grains can be granulated within this range. Concrete methods used to ensure cooling within the prescribed cooling rate specified above include the following:

(1) The sleeve is made of a low heat conduction material, such as a ceramic material, and the cooling rate on the sleeve surface is reduced. If the internal cooling rate is slower than the range of 1.7°C/s~10°C/s specified above, cooling from outside is provided as necessary.

(2) Preheating is performed in the case of a metal sleeve, and the initial temperature is raised. In the particular case of A357 alloy, the initial temperature of the sleeve should be over 200°C. If the internal cooling rate of the molten metal is then less than the specified range of 1.7°C/s~10°C/s, cooling should be performed.

(3) The cooling container used is of cold crucible type. The hot metal surface is heated by high-frequency induction in such a way as to cool the container while applying a quantity of heat to the hot metal. By this means, the cooling rate of the hot metal surface can be controlled and the inside of the hot metal cooled at the prescribed cooling rate.

The metal with granulated prior grains in a semi-molten state inside said casting sleeve in this invention as described above may be globularized in the process of being filled inside the mould cavity. The particles are then also fine-grained and the hot metal flow conditions favourable.

[0011]

Through the hot metal then being fluidized, it can also be globularized. As a technique for fluidization of the molten metal, mention may be made of eg electromagnetic stirring of the molten metal. As the hot metal is fluidized when being filled inside the mould cavity, its structure changes from granular to globular. In this invention as described above, the solid phase fraction of the metal in a semi-molten state inside the casting sleeve is controlled to 30~60%. By this means, thixotropy can be conferred on

the molten metal, and favourable hot metal flow conditions can be moreover maintained. That is to say, through the solid phase fraction of the metal in a semi-molten state being over 30%, thixotropy can be conferred on the molten metal, whereas, through the solid phase fraction of the metal in a semi-molten state being under 60%, its viscosity can be prevented from becoming excessively high, and favourable hot metal flow conditions can be maintained.

[0012]

In this invention as described above, at least part of the inner tube of the casting sleeve may be made of a low heat conduction material, and the sleeve may be cooled. By this means, the cooling rate of the molten metal can be controlled, and the prior grains can be granulated. That is to say, through at least part of the inner tube of the casting sleeve being made of a low heat conduction material, the molten metal dissipates less heat and can obtain a granular structure in a semi-molten state even without casting sleeve preheating. As a typical low heat conduction material noted above, cylon is used for the inner wall of the casting sleeve, conferring the advantage of the molten metal being less prone to leakage.

[0013]

In this invention as described above, the metal in a semi-molten state inside the casting sleeve is pressure-filled inside the mould cavity under laminar flow conditions, and high pressure may then be applied. By this means, air entrainment in the metal in a semi-molten state can be prevented, and the formation of blisters can also be prevented. A reduced pressure atmosphere and/or inert gas atmosphere are favourably provided inside the mould cavity at least during filling of the metal in a semi-molten state, or else an inert gas atmosphere is favourably provided inside the mould cavity. By this means, temperature control can be exercised so as to maintain the material in a semi-molten state, surface oxidation can be prevented, and products with favourable properties can be obtained without the need for any surface layer removal method.

[0014]

In the die-casting method according to this invention, multiple conductors are also individually arranged in at least part of the outer tube of the casting sleeve, a magnetic field is formed by an induction coil on the outside of said conductors, the temperature of the molten metal in said casting sleeve is reduced from a temperature near the liquidus to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point, and, after heating or warming with stirring, the molten metal is favourably pressure-filled inside said mould cavity. By this means, a current is generated by electromagnetic induction in the conductors and metal in a semi-molten state. Through the interaction of this current and magnetic field, electromagnetic volume forces act in a direction remote from the casting sleeve surface as well as operating in a direction preventing contact between the material and casting sleeve. For this reason, there is a smaller temperature drop due to contact, less formation of solidification fragments on the molten metal surface, and a smaller temperature drop in the molten metal itself. Filling also proceeds with a more uniform temperature distribution. Through the suppression of any temperature rise in the casting sleeve itself, the casting sleeve also sustains less deformation, and the mechanical precision of the casting sleeve can be maintained.

[0015]

In this invention as described above, by use of the foregoing mechanisms, casting can proceed under favourable hot metal flow conditions with little air entrainment and without oxides and solidification fragments filling the mould cavity. Through the temperature of the molten metal in said casting sleeve being reduced from a tempera-

ture near the liquidus at the prescribed cooling rate to the prescribed temperature that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point and the prior grains of molten metal being substantially granulated to obtain a semi-molten state, thixotropy depending on both the granular prior grains and liquid above the eutectic temperature can be conferred. Thixotropy is the property where, when the granular solid fraction and liquid are mixed in some proportions, liquefaction is produced by vibration or shear and solidification by leaving the mixture to stand.

[0016]

Through this state of thixotropy being conferred, the tendency for flow to occur under laminar flow conditions is more intense than in a complete hot metal state when force is applied, and less gas entrainment also occurs during filling from the sleeve into the mould. That is to say, if a solid phase such as to have a granulated structure is present and force is applied, movement of the granulated solid phase and movement of the liquid simultaneously occur in such a way that the solid and liquid move together. By this means, castings with fewer defects are produced, their gas content is reduced, and no blisters form even during heat treatment. On the other hand, when the structure is not granulated, the individual solids become enmeshed and do not flow, with only the hot metal between the solid phase, ie the non-solidified part, being ejected in advance. For this reason, segregations and air entrainment readily occur.

[0017]

Such thixotropy is not obtained simply through hot metal at low temperature being introduced into the sleeve. It is also necessary for granulation and the solid phase fraction of the structure to increase beyond some specific level (roughly over 30%). On the other hand, if the solid phase fraction is higher than some specific level (roughly over 60%), problems arise of the viscosity increasing and the hot metal flowing under adverse flow conditions.

[0018]

#### Embodiment examples

Embodiment examples of this invention are explained in detail below with reference to the attached drawings.

#### Embodiment example 1

Fig. 1 (a) is an outline cross-sectional drawing of a longitudinal type of die-caster used in an embodiment example of the die-casting method according to this invention. Fig. 1 (b) is an outline cross-sectional drawing of the die-caster mould incorporating a cavity. The applied pressure of the longitudinal type of die-caster is 100 MPa. Casting sleeve 2 has an inside diameter of 50 mm and outside diameter of 80 mm. Mould cavity 6 is obtained by combination of upper mould 4 and lower mould 5, being arranged for casting of steering knuckles as a type of automotive suspension member.

[0019]

This longitudinal type of die-caster is used to cast A357 alloy (consisting of Al-Si-7%Mg to ASTM specifications). Hot metal with an A357 alloy composition is initially prepared through the temperature being raised to 630°C near the liquidus (620°C). Ladle 41 is next used to transfer this A357 alloy hot metal 1A to casting sleeve 2 through strainer 42 located in the hot metal pouring opening of ladle 15. In order to obtain the granular structure shown in Fig. 7, the temperature of the hot metal in the casting sleeve is reduced from a temperature near the liquidus inside casting sleeve 2 to a temperature of around 580°C that is lower than the liquidus and higher than the solidus or eutectic point. The cooling rate of the A357 alloy hot metal inside casting sleeve 2 is favourably 0.5~8°C/s and preferably 1~4°C/s. By this means, A357 alloy hot metal 1B with granulated prior grains is obtained in a semi-molten state. The

grains then obtained have an average circularity (major diameter to minor diameter ratio of the grains) of 0.63 and an average circle-equivalent diameter (diameter of a quasi-circle calculated from the grain area) of 80  $\mu\text{m}$ .

[0020]

A357 alloy hot metal 1B with granulated prior grains is next pressure-filled inside mould cavity 6 by plunger 3 while maintaining laminar flow conditions. The structure of the hot metal then obtained is such that the granular hot metal is much more refined in gate 6B during the pressure-filling process and becomes globular. Fig. 8 shows the hot metal structure just after passage through this gate. In terms of the average size of the globules then obtained, the grains at this stage have an average circularity (major diameter to minor diameter ratio of the grains) of 0.72 and an average circle-equivalent diameter (diameter of a quasi-circle calculated from the grain area) of 40  $\mu\text{m}$ . The structure of the semi-molten metal after granulation inside the casting sleeve and after filling inside the mould cavity has an increased circularity (major diameter to minor diameter ratio of the grains) and a reduced circle-equivalent diameter (diameter of a quasi-circle calculated from the grain area). The individual grains are also finer and nearer the shape of a true circle. The temperature and phase diagram of Al-Si-Mg aluminium alloy indicate that the solid phase fraction of semi-molten metal 1B inside casting sleeve 2 is then 30~60%.

[0021]

Semi-molten metal 1B inside casting sleeve 2 is pressure-filled inside mould cavity 6 and solidified. When the mould is released, steering knuckle blanks can be obtained. The blanks are then subjected to a heat treatment process involving heating at a high temperature of 540°C for production of a supersaturated solid solution to ensure thorough melting of the crystallized and precipitated phases inside the matrix or base metal phase simultaneously with homogenizing to ensure much greater elimination of segregations produced during casting. The blanks are thereafter subjected to age-hardening treatment for promotion of precipitation involving the supersaturated solid solution being reheated and held at the comparatively lower temperature of around 160°C. Table 1 lists the changes made to the solid phase fraction of semi-molten metal 1B inside casting sleeve 2 and the mechanical properties of the steering knuckles obtained after heat treatment.

[0022]

Table 1

		Mechanical properties			Appearance after heat treatment
	Solid phase fraction (%)	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Proof stress (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	
Reference example 1	25	329	280	1.8	Small blisters present
Embodiment example 2	35	347	275	8	
Embodiment example 3	45	353	277	10	
Embodiment example 4	55	350	282	9	
Reference example 5	65	330	274	3.1	Non-rotation

[0023]

Reference example 1 referring to hot metal pressure-filled inside the mould cavity from the casting sleeve at a semi-molten metal solid phase fraction of 25% shows small blisters and low elongation after heat treatment. The hot metal in reference example 1 is not destined for use in steering knuckles as components requiring a high level of toughness. Reference example 5 referring to hot metal pressure-filled inside the mould cavity from the casting sleeve at a semi-molten metal solid phase fraction of 65% sustains non-rotation as shown in Fig. 6 and cannot be used to make a viable product.

[0024]

Hot metal produced with a solid phase fraction ranging between 30~60% accordingly shows good flow conditions, contains few blisters, and has a superior tensile strength, proof stress, and elongation. Hot metal with a solid phase fraction in this range can be used to target higher levels of reliability and weight reduction in manufacture of automotive suspension members such as steering knuckles. When part of the inner tube of casting sleeve 2 is made of a low heat conduction material such as cylon, semi-molten metal 1B, when warmed, obtains a granular structure in a semi-molten state while dissipating less heat even without preheating of casting sleeve 2. Through a reduced pressure atmosphere being provided inside mould cavity 6 during filling of the molten metal, the hot metal flow conditions are also improved, and the semi-molten metal is filled as far as the extremities of the mould cavity. Through an inert gas being supplied inside mould cavity 6, oxidation of the molten metal can be prevented and sound castings obtained.

[0025]

Embodiment example 2

Fig. 2 is an outline cross-sectional drawing of a transverse type of die-caster used in a separate embodiment example of the die-casting method according to this invention. Fig. 3 is a cross-sectional drawing of part 20 in Fig. 2. The transverse type of die-caster shown in Fig. 2 basically consists of casting sleeve 22 receiving molten metal 1, plunger 3 driven by a hydraulic device, and mould cavity 6 into which molten metal 1 inside casting sleeve 22 is filled when plunger moves to the left. In Fig. 3, the inner tube of casting sleeve 12 consists of cylon ceramic insulator 8. Conductors 9 consisting of discontinuous austenitic stainless steel tubing are discontinuously embedded in insulator 8. Cooling water circulates through conductors 9. This embodiment example refers to the case of water cooling, although air cooling instead of water cooling may be used as well. By this means, electromagnetic volume forces are generated by the induction coil and conductors in casting sleeve 12, so that the semi-molten metal inside the casting sleeve can be filled inside the mould cavity in a state of not being in contact with the inner wall. The semi-molten metal inside the casting sleeve can be accordingly filled with less generation of solidification fragments, at a lower molten metal temperature, and with a more uniform temperature distribution.

[0026]

The applied pressure of the transverse type of die-caster is 100 MPa. Casting sleeve 12 has an inside diameter of 50 mm and outside diameter of 80 mm. Mould cavity 6 is obtained by combination of moving mould 4 and fixed mould 5, being arranged for casting of steering knuckles as a type of automotive suspension member. This transverse type of die-caster was used to prepare A357 alloy and heat-treated in much the same way as described in embodiment example 1. Table 2 compares the mechanical properties of the steering knuckles manufactured in this embodiment example with those obtained by conventional low-pressure casting in reference example 7.

[0027]

Table 2

	Casting method	Mechanical properties		
		Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Proof stress (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Embodiment example 6	According to this invention	348	283	11
Reference example 7	Low-pressure casting	320	270	8

[0028]

The hot metal produced in embodiment example 6 also shows good flow conditions, contains few blisters, and has a superior tensile strength, proof stress, and elongation. The hot metal produced under these conditions can accordingly be used to obtain better steering knuckles than by conventional low-pressure casting in reference example 7 and can also be used to target higher levels of reliability and weight reduction in manufacture of automotive suspension members such as steering knuckles. Depending on the properties of the castings being manufactured, the die-caster shown in Fig. 4 may also be used instead of the die-caster explained in this embodiment example.

[0029]

#### Effect of the Invention

The die-casting method proposed in this invention, as explained in detail above, allows the manufacture of suspension members, such as automotive steering knuckles, high-strength components, such as aluminium wheels, etc with improved mechanical properties through enabling casting to proceed in such a way that, through the prior grains of molten metal in the casting sleeve being substantially granulated, pressure-filled inside the mould cavity in a semi-molten state, and solidified, hot metal laminar flow conditions are obtained with little air entrainment and without oxides and solidification fragments filling the mould cavity.

#### Simple Explanation of the Drawings

Fig. 1 is an outline cross-sectional drawing of a longitudinal type of die-caster used in an embodiment example of the die-casting method according to this invention.

Fig. 2 is an outline cross-sectional drawing of a transverse type of die-caster used in a separate embodiment example of the die-casting method according to this invention.

Fig. 3 is a cross-sectional drawing of part 20 in Fig. 2.

Fig. 4 is an outline cross-sectional drawing of a transverse type of die-caster without any electromagnetic volume force generation mechanism used in a separate embodiment example of the die-casting method according to this invention.

Fig. 5 is a plan view drawing showing knuckle steering.

Fig. 6 is a plan view drawing showing non-rotation in knuckle steering.

Fig. 7 is a micrograph showing the granular structure of the semi-molten metal inside the casting sleeve.

Fig. 8 is a micrograph showing the globular structure of a casting after filling and solidification inside the mould cavity.

Fig. 9 is a micrograph of a structure showing casting defect segregations.

Fig. 10 is a micrograph of a structure showing segregations generated through a large difference in solute concentration.

#### Explanation of the Symbols

1A ... molten metal, 1B ... semi-molten metal, 2 ... casting sleeve, 3 ... plunger, 4 ... moving mould, 5 ... fixed mould, 6 ... product cavity, 7 ... induction coil, 8 ... insu-

lator, 9 ... conductor, 10 ... cooling water pipe, 11 ... cooling water, 12 ... cooling water path, 15 ... ladle, 22 ... inner tube, 23 ... cyalon, 24 ... outer tube

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

dated 2.5.2002

HOFFMANN · EITLE  
Patent- und Rechtsanwälte  
81925 München, Arabellastr. 4

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-257722

(43)公開日 平成8年(1996)10月8日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 22 D 17/00			B 22 D 17/00	Z
17/20			17/20	A
17/30			17/30	J
				F
				Z

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全9頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-62428

(22)出願日 平成7年(1995)3月22日

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72)発明者 柴田 良一

栃木県真岡市鬼怒ヶ丘11番地 日立金属株式会社素材研究所内

(72)発明者 早田 智臣

栃木県真岡市鬼怒ヶ丘11番地 日立金属株式会社素材研究所内

(72)発明者 金内 良夫

栃木県真岡市鬼怒ヶ丘11番地 日立金属株式会社素材研究所内

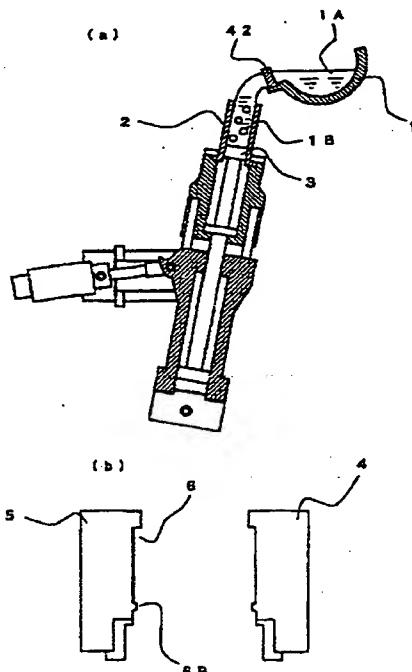
(74)代理人 弁理士 開口 宗昭

(54)【発明の名称】 ダイカスト铸造方法

(57)【要約】

【目的】 湧流れが良好でかつ空気の巻き込みを少なくすることができ、且つ酸化物や凝固片を金型キャビティ内に充填させないで铸造できて機械的性質が向上し高強度部材に用いることが可能な铸物を得ることができるダイカスト铸造方法を提供する。

【構成】 鑄込みスリーブにおいて溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態として金型キャビティ内に加圧充填し、凝固させることにより湧流れを層流にして空気の巻き込みを少なくし、且つ酸化物や凝固片を金型キャビティ内に充填させないで铸造することができ、機械的性質が向上して、自動車用のステアリングナックルなどの懸架装置やアルミニウムホイールなど、高強度部材を铸造することができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋳込みスリーブにおいて溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態として金型キャビティ内に加圧充填し、凝固させることを特徴とするダイカスト鋳造方法。

【請求項2】 (a) 金属を溶解して、その溶融金属を液相線近傍の温度にする工程と、(b) 前記溶融金属を鋳込みスリーブに移し、該鋳込みスリーブ内溶融金属の温度を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで所定の冷却速度で低下させ、溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態を得る工程と、(c) 初晶が粒状化した前記鋳込みスリーブ内の半溶融状態金属を金型キャビティ内に加圧充填する工程と、(d) 前記金型キャビティ内に加圧充填された半溶融状態金属を凝固させる工程とよりなることを特徴とするダイカスト鋳造方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブ内で粒状化した半溶融状態金属を金型キャビティ内に充填する過程で球状化するダイカスト鋳造方法。

【請求項4】 請求項1乃至請求項3のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブ内で半溶融状態金属の固相率を30~60%に制御するダイカスト鋳造方法。

【請求項5】 請求項1乃至請求項4のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブ内筒部の少なくともその一部を低熱伝導材とするダイカスト鋳造方法。

【請求項6】 請求項5記載のダイカスト鋳造方法において、前記低熱伝導材がサイアロンであるダイカスト鋳造方法。

【請求項7】 請求項1乃至請求項6のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブ内の半溶融状態金属を層流状態で金型キャビティ内に加圧充填し、その後高圧を付与するダイカスト鋳造方法。

【請求項8】 請求項1乃至請求項7のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記金型キャビティ内を、少なくとも半溶融状態金属の充填時に減圧雰囲気および/または不活性ガス雰囲気とするダイカスト鋳造方法。

【請求項9】 請求項1乃至請求項8のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブ内を不活性ガス雰囲気とするダイカスト鋳造方法。

【請求項10】 請求項1乃至請求項9のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブ内にて溶湯を電磁攪拌により、加熱保温後、前記金型キャビティ内に加圧充填するダイカスト鋳造方法。

【請求項11】 請求項1乃至請求項9のいずれか一に記載のダイカスト鋳造方法において、前記鋳込みスリーブの外筒部の少なくとも一部に導電体を複数個配置し、

10

2

前記導電体の外部の誘導コイルにより磁場を形成し、前記鋳込みスリーブ内溶融金属を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで低下させ、加熱または保温すると共に攪拌した後、前記金型キャビティ内に加圧充填するダイカスト鋳造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、機械的性質に優れた高品質の鋳物を得るためにダイカスト鋳造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ダイカスト鋳造方法は、鋳込みスリーブ内の溶融金属を精密な金型キャビティ内に加圧充填して鋳物を製造する鋳造方法である。このダイカスト鋳造方法によれば、鋳物の寸法精度が高く、鋳肌が美麗であり、多量生産ができ、完全自動化が可能であるという利点があり、従来から主として融点がアルミニウム合金以下の低融点金属鋳物の製造に多用されている。しかし、このダイカスト鋳造方法には、

①鋳込みスリーブ内に注入された溶湯が鋳込みスリーブ内壁で急激に冷却されて凝固片が発生し、この凝固片が溶湯中に巻き込まれて鋳込まれる、  
②鋳込みスリーブ内にあった空気が溶湯中に巻き込まれ、ブリスタ（巻き込んで加圧されたガスが熱負荷により膨張し膨れが生じる現象）が発生しやすい、  
ことなどにより鋳造凝固後の鋳物の機械的強度が低下しやすいという問題があり、高強度を要求される強度部材への適用は難しい。

【0003】 この様な問題を解決する対策を講じたものとして、特殊ダイカスト鋳造方法がある。この特殊ダイカスト鋳造方法には、①の鋳込みスリーブ内壁における凝固片の発生を防ぐことを目的として鋳込みスリーブを加熱するホットスリーブ法、②の鋳込みスリーブ中の空気が溶湯中に巻き込まれるのを少なくすることを目的とした縦鋳込み式ダイカスト鋳造方法などがある。またこの他にホットチャンバダイカスト鋳造方法があるが、このホットチャンバダイカスト鋳造方法は対象が比較的溶融温度が低い亜鉛合金やマグネシウム合金の鋳造に限定されるという問題があり、汎用性がない。しかし上記の特殊ダイカスト鋳造方法によつても、充填速度が大きくなると鋳込みスリーブ内溶湯が乱れてガスを巻き込み、そのまま金型キャビティ内壁で急冷されて欠陥を生じ機械的性質ほかの特性が悪くなるため、これを防止するためには充填速度を極端に小さくする必要があり、その様に充填速度を小さくすると湯流れ不良が発生するという問題が生じる。また、デンドライト発達中に未凝固部が抽出され、図9に示すように肉厚部に偏析が発生し、機械的性質ほかの特性が不十分となる。

【0004】 以上の各種ダイカスト鋳造方法とは別に特公平3-47951号公報には、金型を型合せして下部に湯口を有するキャビティを形成し、この湯口に、シリ

50

ンダの出口に設けられ、キャビティ内への溶湯の流入を制限するように絞りを形成するダイを接続させ、このダイを備えるシリンダの中心軸線方向の中間部に外部からの溶湯の供給口を設けると共に、パンチを摺動自在に嵌合させて铸造装置を形成し、シリンダの供給口から溶湯を注入し、溶湯を保持して液相と固相とが共存状態となってからパンチにて押圧して溶湯をダイを通過させてキャビティに押し込むダイカスト铸造方法の開示がある。この特公平3-47951公報に示されたダイカスト铸造方法によれば、①シリンダに供給する溶湯が溶融点直上の温度であればよいので、一般の铸造法に比して低温でよいので省エネルギーである、②溶湯温度が低いので、ガスの吸收が少なく、脱ガス処理を要することなく製品に気孔を殆ど発生しない、③溶湯は、液相と固相とが混在して有形性を備えない状態にてパンチにて一体的に押上げられ、次いで、絞りを形成するダイ通過時に半溶融状態において塑性加工を受け、液相と固相とが混合され、かつ固相が破壊されて铸造組織が微細になるため、製品は機械的性質に優れたものとなる、④有形性を備えない半溶融状態にて加工されるため、铸造法に比して変形抵抗が少なく、設備費が低減される、などの効果が奏されるものとされる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし上述の特公平3-47951号公報に示されたダイカスト铸造方法では、鋳込みスリーブ内で半溶融金属の組織を粒状にしていないため、溶質濃度の差が大きいことにより図10に類似した濃淡で示すような偏析を生じる可能性が大きく、また、金型キャビティ内に充填されても、組織の微細化が充分ではないため、まだまだ機械的性質向上の余地が残されている。また、充填速度が大きくなると鋳込みスリーブ内溶湯が乱れてガスを巻き込み、そのまま金型キャビティ内壁で急冷されるためブリスタが発生し、機械的性質やその他の特性が悪くなるため、これを防止するためには充填速度を極端に小さくする必要があり、その様に充填速度を小さくすると湯流れ不良が発生するという問題がある。本発明は、上記従来の課題を解決し、湯流れが良好でかつ空気の巻き込みを少なくすることができ、且つ酸化物や凝固片を金型キャビティ内に充填させないで铸造できて機械的性質が向上し高強度部材に用いることが可能な鋳物を得ることができるダイカスト铸造方法を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明のダイカスト铸造方法は、鋳込みスリーブにおいて溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態として金型キャビティ内に加圧充填し、凝固させることを特徴とする。以上の本発明においては、溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態として金型キャビティ内に加圧充填して凝固させるので金型キャビティ

内への充填が層流による充填となり、溶融金属へのガスの巻き込みを防止してブリスタなどの発生しない機械的性質に優れた鋳物となる。

【0007】以上の本発明において溶融金属の初晶を実質的に粒状化させる手段としては例えば鋳込みスリーブ内溶融金属の温度を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで所定の冷却速度で低下させる方法がある。

【0008】さらに本発明のダイカスト铸造方法は、

10 (a) 金属を溶解して、その溶融金属を液相線近傍の温度にする工程と、(b) 前記溶融金属を鋳込みスリーブに移し、該鋳込みスリーブ内溶融金属の温度を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで所定の冷却速度で低下させ、溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態を得る工程と、

(c) 初晶が粒状化した前記鋳込みスリーブ内の半溶融状態金属を金型キャビティ内に加圧充填する工程と、

20 (d) 前記金型キャビティ内に加圧充填された半溶融状態金属を凝固させる工程を有することを特徴とする。以上の本発明においては、金属を溶解して液相線近傍の温度で鋳込みスリーブへ移すので鋳込みスリーブが高熱で損傷することが少なくなり、また鋳込みスリーブ内溶融金属を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで低下させる過程で機械攪拌、電磁攪拌その他、固液体共存状態でせん断を与えることなく、溶融金属の初晶が実質的に粒状化されて半溶融状態となり、かかる半溶融状態金属を金型キャビティ内に加圧充填して凝固させるのでブリスタなどが発生せず機械的性質にも優れた鋳物となる。

30 【0009】以上において液相線近傍の温度は例えばA357合金では液相線以下10℃付近から液相線より約40℃程度までである。それより高いとデンドライトが成長し、それより低いと注湯前にデンドライトが発生する。

【0010】また溶融金属をスリーブ中で半溶融状態まで冷却し粒状の初晶を得るために注湯したスリーブ内の溶湯を所定内の冷却速度で冷却する。この冷却速度は1.7℃/sを越え10℃/s未満程度の冷却速度とするのが好ましい。それにより生成する初晶を粒状化することができる。以上のように所定内の冷却速度で冷却する具体的方法としては、

(1) スリーブをセラミック等の低熱伝導材とし、スリーブ表面の冷却速度を小さくし、内部の冷却速度が上述した1.7℃/s～10℃/sの範囲よりも遅い場合は必要により外部より冷却する。

(2) 金属スリーブの場合は予め加熱して初期温度を高くなる。特にA357材の場合はスリーブの初期温度を200℃以上とする。その際に溶融金属の内部の冷却速度が1.7℃/s～10℃/sの範囲より小さくなる場合は冷却を行う。

(3) 冷却容器をコールドクルーシブルとし、高周波で溶湯表面を加熱し、容器を冷却しつつ溶湯に熱量を与えることにより溶湯表面の冷却速度を制御すると共に溶湯内部を所定の冷却速度で冷却する。

以上の本発明においては鋳込みスリーブ内で粒状化した半溶融状態金属を金型キャビティ内に充填する過程で球状化するのがよい。それにより粒子も微細となり、湯流れもさらに良好となる。

【0011】その場合溶融金属を流動化することにより球状化することができ、溶融金属を流動化する手段としては例えば溶融金属を電磁搅拌する手段が挙げられる。また、金型キャビティ内に充填される際の溶湯の流動によっても、組織は粒状から球状に変化する。また、以上の本発明においては鋳込みスリーブ内で半溶融状態金属の固相率を30～60%に制御する。それにより溶融金属にチキソトロピー性を付与することができ、しかも湯流れを良好に保つことができる。すなわち半溶融状態金属の固相率を30%以上とすることにより溶融金属にチキソトロピー性を付与することができ一方半溶融状態金属の固相率を60%未満とすることにより粘性が過度に高くなることを防止して湯流れを良好に保つことができる。

【0012】また、以上の本発明においては鋳込みスリーブ内筒部の少なくともその一部を低熱伝導材とすると共にスリーブを冷却することができます。それにより溶融金属の冷却速度を制御して初晶を粒状にすることができる。すなわち鋳込みスリーブ内筒部の少なくともその一部を低熱伝導材とすることにより溶融金属が熱を奪われる事が少くなり、鋳込みスリーブを予熱しなくても半溶融で粒状の組織が得られる。以上の低熱伝導材として鋳込みスリーブの内壁部にサイアロンを用いることにより、溶融金属が濡れ難いという利点が得られる。

【0013】更に、以上の本発明においては鋳込みスリーブ内の半溶融状態金属を層流状態で金型キャビティ内に加圧充填し、その後高圧を付与することができる。それにより、半溶融状態金属へのガスの巻き込みを防止して、ブリスタの発生を防止することができる。また、金型キャビティ内を、少なくとも半溶融状態金属を充填時に減圧雰囲気および/または不活性ガス雰囲気としたり、前記鋳込みスリーブ内を不活性ガス雰囲気とするのが好ましい。その様にすることにより、材料が半溶融状態を保つよう温度コントロールすることができると共に表面の酸化が防止され、特別な表面層除去法を実施することなく良好な製品を得ることが出来る。

【0014】更にまた、本発明のダイカスト鋳造方法においては、前記鋳込みスリーブの外筒部の少なくとも一部に導電体を複数個配置し、前記導電体の外部の誘導コイルにより磁場を形成し、前記鋳込みスリーブ内溶融金属を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで低下させ、加熱または保温する

と共に搅拌した後、前記金型キャビティ内に加圧充填するのが好ましい。それにより半溶融状態の材料および導電部には電磁誘導による電流が発生し、それらの誘導電流と磁場の相互作用による電磁体積力が被融解物を鋳込みスリーブ表面から遠ざける方向に作用して材料と鋳込みスリーブの接触を防止する方向に働く。このため接触による温度低下が少なく溶融金属表面における凝固片の発生が少くなると共に溶融金属の温度低下が少なく、しかも温度分布が均一になって充填される。また鋳込みスリーブ自身の温度上昇が抑えられることにより鋳込みスリーブの変形が少くなり鋳込みスリーブの機械精度を維持することができる。

#### 【0015】

【作用】以上の本発明においては以下の機構により、湯流れを層流にして空気の巻き込みを少なく、且つ酸化物や凝固片を金型キャビティ内に充填させないで鋳造する事が可能となる。鋳込みスリーブ内溶融金属の温度を液相線近傍から液相線より低く固相線または共晶線より高い所定の温度まで所定の冷却速度で低下させ、溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態とすると、粒状の初晶と共晶温度以上の液体とによるチキソトロピーを得ることができる。チキソトロピーとは、粒状の固体と液体とがある割合で混ざったものが示す性質であり、振動や剪断力により液化し、放置しておくと固化する現象である。

【0016】この様なチキソトロピー性を有する状態になると力を加えると完全な溶湯状態に比較して層流で流れの傾向が強くなり、スリーブから金型への充填時のガスの巻き込みが少なくなる。すなわち組織が粒状化して有る程度固相が存在すれば力が加わったとき粒状化した固相の移動と液体の移動が同時に起こり、固液が共に移動する現象が生じる。これによって、鋳造品の欠陥が少なくなり、ガス含有量が低下して熱処理してもブリスタは発生しない。一方、組織が粒状化していない場合には力がかかると固相同士が引っかかって流動せず、固相間の溶湯即ち未凝固部だけが先に飛び出す現象が現れる。このため、偏析や空気の巻き込みが生じる。

【0017】このようなチキソトロピー性は単に低温で溶湯をスリーブに入れることだけでは得られず組織の粒状化と固相率がある程度以上高くなる必要があり（概ね30%以上）、反面ある程度以上固相率が高くなると（概ね60%以上）粘性が高くなり、湯流れが悪くなるという問題が生じる。

#### 【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

（実施例1）図1（a）は、一実施例のダイカスト鋳造方法に用いる縦型のダイカスト鋳造装置、図1（b）はキャビティを有する金型の要部断面図である。縦型のダイカスト鋳造装置の加圧力は100MPaであり、鋳込みスリーブ2内径は50mm、外径80mmである。金

型キャビティ6は、上金型4と下金型5で型合せを行い、自動車用の懸架装置部品であるステアリングナックルが鋳造できるよう形成している。

【0019】この縦型のダイカスト鋳造装置を用いて、A357合金(ASTM: A1S17%Mg)の鋳造を行う。先ず、A357合金組成を溶解して液相線(620°C)近傍の約630°Cの温度にする。次に、このA357合金溶湯1Aをラドル41により、ラドル15の注湯口に配置した通過部材42を通して鋳込みスリーブ2に移す。そして、図7に示すような粒状の組織となるよう、鋳込みスリーブ2内で液相線近傍から液相線よりも低く固相線または共晶線より高い、約580°Cの温度まで低下させる。A357合金では鋳込みスリーブ2内の冷却速度は、0.5~8°C/sが良く、好ましくは1~4°C/sが良い。これにより、A357合金溶湯1Bは初晶が粒状化した半溶融状態となる。このときの結晶粒は、円形度(粒の長径と短径の比)の平均が0.63、円相当径(粒面積から算出した疑似円の直径)の平均が80μmである。

【0020】次に、初晶が粒状化したA357の半溶融金属1Bを金型キャビティ6内に、プランジャ3により、層流状態を維持して加圧充填する。組織は、加圧充填する過程のゲート6Bで、粒状のものがいっそう微細化し、且つ球状に変わる。このゲート通過直後の組織を\*

	機械的性質		
	固相率 (%)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	耐力 (N/mm <sup>2</sup> )
比較例1	25	329	280
実施例2	35	347	275
3	45	353	277
4	55	350	282
比較例5	65	330	274

【0023】比較例1の半溶融金属の固相率25%で鋳込みスリーブから金型キャビティ内に充填したものは、熟処理後、小さいブリスタが発生し、伸びが小さい。比較例1のものでは、靭性が要求されるようなステアリングナックルには向かない。また、比較例5の半溶融金属の固相率65%で鋳込みスリーブから金型キャビティ内に充填したものは、図6に示すような不廻りが発生し、製品とすることはできない。

【0024】従って、固相率が30~60%の範囲で、湯流れが良く、ブリスタの発生も少なく、引張強さ、耐力、伸びとも優れている。ステアリングナックルなどの自動車用の懸架装置部品を製造すれば、より高い信頼性と軽量化を図ることができる。また、鋳込みスリーブ2内筒部の一部を低熱伝導材のサイアロンとすれば、半溶融金属1Bを保温して、熱を奪うことが少なく、鋳込みスリーブ2を予熱することなく半溶融で粒状の組織が得られる。更に、金型キャビティ6内を溶融金属充填時に減圧雰囲気とすれば、湯流れが更に良くなり、半溶融金

50 \*図8に示す。球の大きさの平均は、結晶粒は、円形度(粒の長径と短径の比)の平均が0.72、円相当径(粒面積から算出した疑似円の直径)の平均が40μmである。半溶融金属の組織は、鋳込みスリーブ内で粒状化された後、金型キャビティ内に充填後、円形度(粒の長径と短径の比)が大きくなり、円相当径(粒面積から算出した疑似円の直径)は小さくなり、結晶は微細でより真円に近くなっている。鋳込みスリーブ2内の半溶融金属1Bの固相率は、Al-Si-Mg系アルミニウム合金の状態図と温度から30~60%にする。

【0021】鋳込みスリーブ2内で半溶融金属1Bとして、これを金型キャビティ6内に加圧充填して凝固させ、金型を型開きをすれば、ステアリングナックル素材を得ることができる。その後、この素材を540°C前後の高温に加熱し、鋳造時の偏析をいっそう無くして均一にすると同時に晶出相、析出相などを母相に十分溶かし込んだ過飽和固溶体とする熱処理を行う。次ぎに、過飽和固溶体を160°C前後の比較的低温に再度加熱、保持し、析出を促進する時効硬化処理を行う。鋳込みスリーブ内の半溶融金属の固相率を変え、熱処理を施して得られたステアリングナックルの機械的性質を、表1に示す。

#### 【0022】

【表1】

	熱処理後の外観	
比較例1	1.8	小さいブリスタ有
実施例2	8	
3	10	
4	9	
比較例5	3.1	不廻り

属を金型キャビティの末端まで充填される。鋳込みスリーブ2内に不活性ガスを供給すれば、溶融金属の酸化を防止して、更に健全な鋳物を得ることができる。

【0025】(実施例2) 図2は、別の実施例のダイカスト鋳造方法に用いる横型のダイカスト鋳造装置の要部断面図であり、図3は図2の20部の断面図である。図2に図2で横型のダイカスト鋳造装置は、要部として、溶融金属1を受ける鋳込みスリーブ2と、油圧装置にて駆動されるプランジャ3と、このプランジャ3が左方に移動して鋳込みスリーブ2内に溶融金属1を充填する金型キャビティ6とからなる。図3で、鋳込みスリーブ12の内筒はサイアロン製セラミックの絶縁体8からなり、この絶縁体8には、不連続なオーステナイト系ステンレス管からなる導電体9が不連続に埋め込み、導電体9中には冷却水が貯留している。実施例では水冷する場合を示すが、水冷に代えて空冷しても差し支えない。これにより、鋳込みスリーブ12の導電体、誘導コイルで電磁体積力を発生させつつ、鋳込みスリーブ中の半溶

9.

融金属を、内壁と接触しない状態として金型キャビティ内に充填することができ、凝固片の発生が少なく、溶融金属の温度低下が少なく、また、温度分布が均一になつて充填される。

【0026】横型のダイカスト鋳造装置の加圧力は100 MPaであり、鋳込みスリーブ12内径は50 mm、外径80 mmである。金型キャビティ6は、可動金型4と固定金型5で型合せを行い、自動車用のステアリング\*

\*ナックルが鋳造できるよう形成している。この横型のダイカスト鋳造装置を用いて、実施例1と同様にしてA357材の鋳造を行い、且つ熱処理を行う。以上により作製したステアリングナックルの機械的性質を、従来から行われている低圧鋳造法により作製した場合と比較して、表2に示す。

【0027】

【表2】

鋳造方法	機械的性質		
	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
実施例6 本発明	348	283	11
比較例7 低圧鋳造	320	270	3

【0028】実施例6においても、湯流れが良く、ブリスタの発生も少なく、引張強さ、耐力、伸びとも、従来の低圧鋳造法の比較例7に比較して、優れたステアリングナックルが得られることがわかる。そして、自動車用の懸架装置部品を製造すれば、より高い信頼性と軽量化を図ることができる。製作する鋳物部品の特性に応じて、本実施例で説明したダイカスト鋳造装置に代え、図4に示すダイカスト鋳造装置を用いることもできる。

【0029】

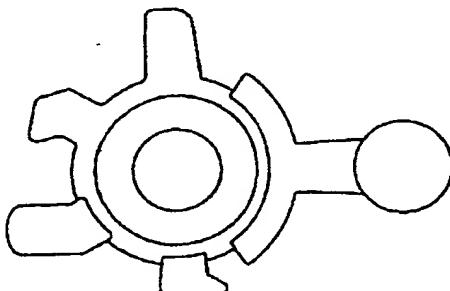
【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明のダイカスト鋳造方法は、鋳込みスリーブにおいて溶融金属の初晶を実質的に粒状化させて半溶融状態として金型キャビティ内に加圧充填し、凝固させるので、湯流れを眉流にして空気の巻き込みを少なくし、且つ酸化物や凝固片を金型キャビティ内に充填させないで鋳造することができ、得られる製品の機械的性質が向上して、自動車用のステアリングナックルなどの懸架装置やアルミニウムホイールなど、高強度部材を鋳造することが可能である。

【図面の簡単な説明】

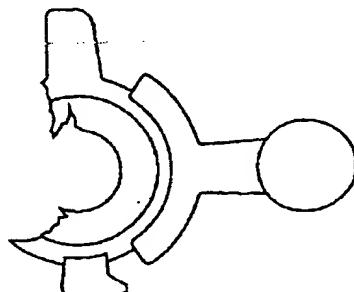
【図1】本発明のダイカスト鋳造方法に用いる一実施例の縦型のダイカスト鋳造装置の要部断面図である。

【図2】本発明のダイカスト鋳造方法に用いる別の実施例の横型のダイカスト鋳造装置の要部断面図である。

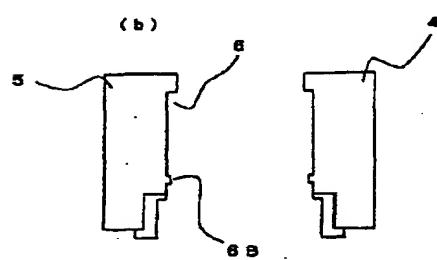
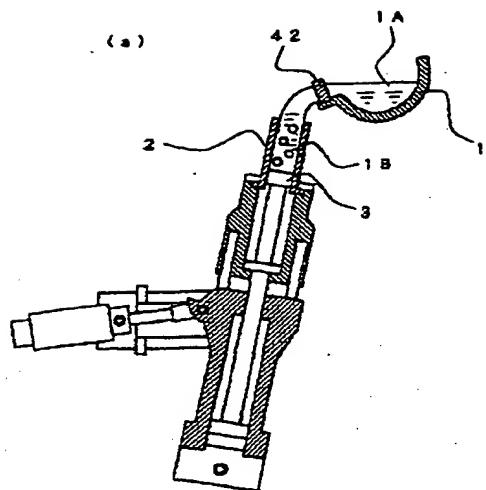
【図5】



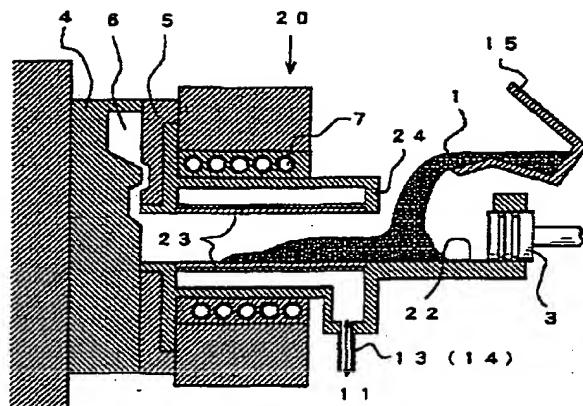
【図6】



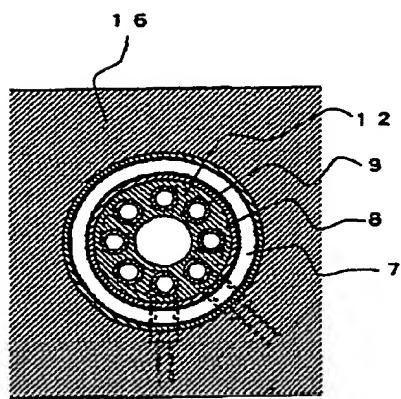
【図1】



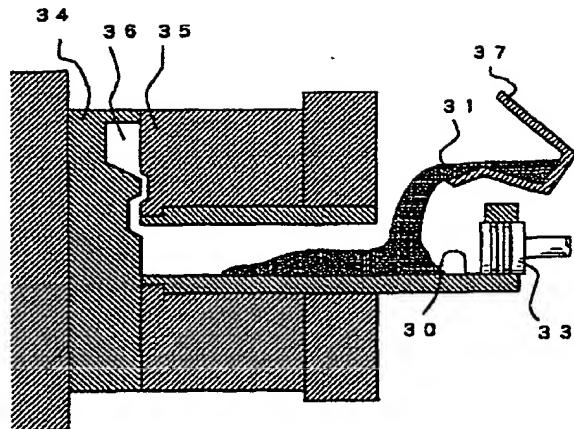
【図2】



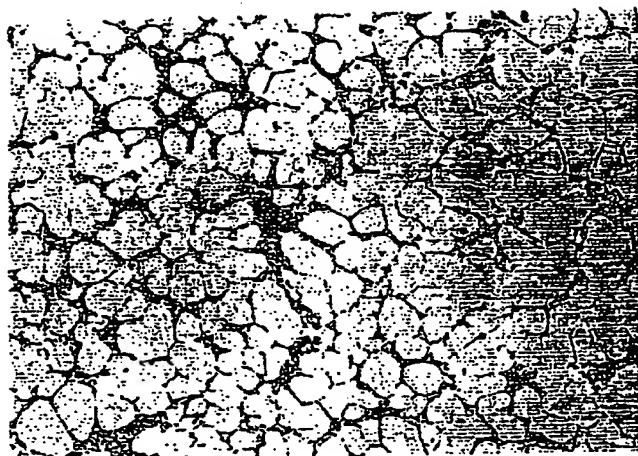
【図3】



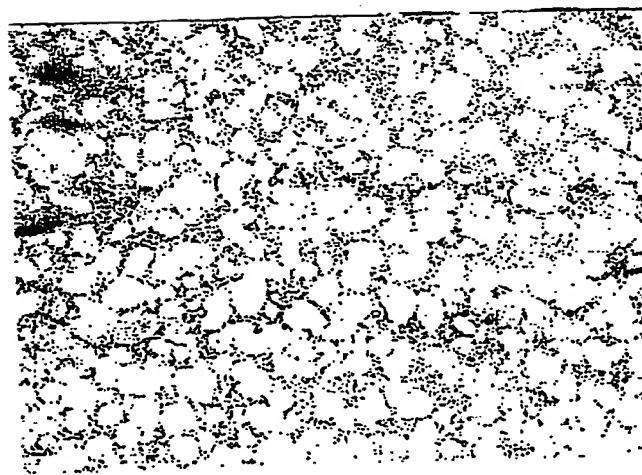
【図4】



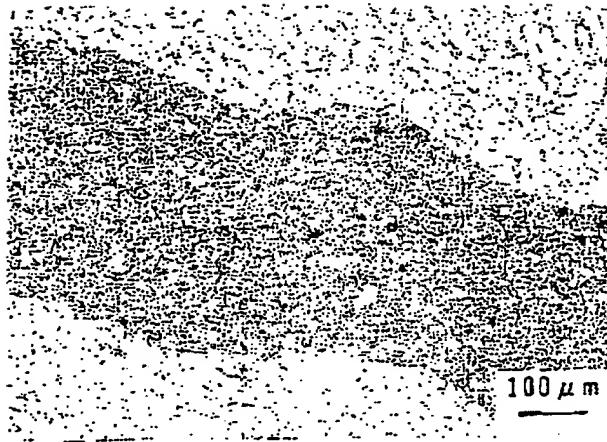
[図7]



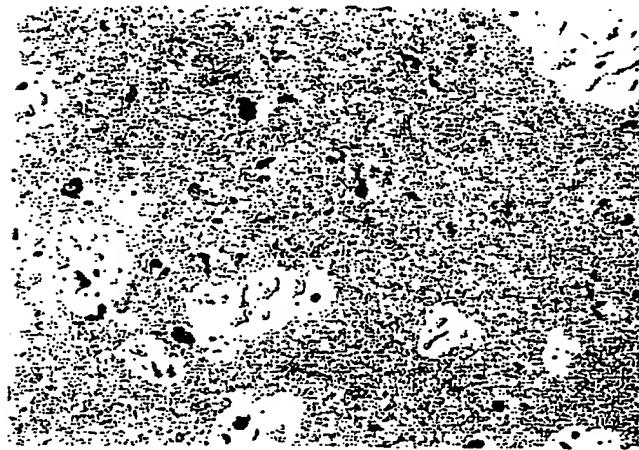
[図8]



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

B 22 D 27/20

C 04 B 35/599

識別記号

庁内整理番号

F I

B 22 D 27/20

C 04 B 35/58

技術表示箇所

Z

302 Y